

The effect of electrical low-frequency stimulation on balance and locomotor activity in adult male rats during epileptogenesis of dorsal hippocampal

Moghaddasi R¹, Moazedi AA¹, Ghotbeddin Z^{2*}, Akhond MR³

1- Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, I. R. Iran.

2- Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, I. R. Iran.

3- Department of Statistics, Mathematical Sciences and Computer Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, I. R. Iran.

Received: 2018/07/27 | Accepted: 2018/11/26

Abstract:

Background: Epilepsy is the third world neurological disorder. Epileptic focus causes motor impairment by sending projections to different areas of the brain such as areas which are related to movement control. Regarding the inhibitory effect of low-frequency electrical stimulation (LFS) on seizure wave's transmission, this study aimed at examining the effect of LFS during the epileptogenesis of dorsal hippocampal on balance and locomotor activity in adult male rats using the kindling method.

Materials and Methods: Fifty rats were randomly divided into 5 groups: Control, Sham, Kindled, LFS and KLFS. Animals in the kindled group were stimulated rapidly by daily stimulation of dorsal hippocampus (1 ms pulse duration at 50Hz for 3 seconds). Animals in the sham and control groups did not receive any stimulation. In the LFS groups, four LFS packages at a frequency of 1 Hz were applied daily. At the end of stimulation, motor activity and balance were assessed by open-field and rotarod tests.

Results: Frequency of rearing and grooming in the Kindled group significantly increased compared to the control group ($P<0.05$). Balance in the Kindled group was significantly decreased ($P<0.05$). LFS induction during hippocampal kindling did not show any significant difference in any of the mentioned parameters with the control group.

Conclusion: In summary, applying low-frequency electrical stimulation during hippocampal kindling can reduce the motor activity and improve balance.

Keywords: Kindling, Low-frequency electrical stimulation, Balance, Motor activity, Rotarod, Open field, Rat

* Corresponding Author.

Email: z.ghotbeddin@scu.ac.ir

Tel: 0098 916 600 3655

Fax: 0098 61 333 60807

Conflict of Interests: No

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, December, 2019; Vol. 22, No 6, Pages 538-546

Please cite this article as: Moghaddasi R, Moazedi AA, Ghotbeddin Z, Akhond MR. The effect of electrical low-frequency stimulation on balance and locomotor activity in adult male rats during epileptogenesis of dorsal hippocampal. *Feyz* 2019; 22(6): 538-46.

اثر تحریک الکتریکی با فرکانس پائین در طی صرع زایی هیپوکمپ پشتی بر تعادل و فعالیت حرکتی در موش صحرایی نر بالغ

۱ رضا مقدسی ، ۲ احمد علی معاضدی ، ۳ زهره قطب الدین ، ۴ محمدرضا آخوند

خلاصه:

سابقه و هدف: بیماری صرع سومین اختلال نورولوژیک در جهان است. کانون صرع با ارسال پایانه‌های عصبی به نواحی مختلف مغز از جمله مناطق مرتبط با کنترل حرکت، باعث اختلالات حرکتی می‌شود. با توجه به اثر مهاری تحریک الکتریکی با فرکانس پائین (LFS) در انتقال امواج تشنجی، در این کار تحقیقاتی اثر LFS در طی صرع زایی هیپوکامپ پشتی با روش کیندلینگ بر تعادل و فعالیت حرکتی در موش صحرایی نر بالغ مطالعه شده است.

مواد و روش‌ها: تعداد ۵۰ سر موش صحرایی نر بالغ به طور تصادفی به ۵ گروه زیر تقسیم شدند: کنترل، شاهد، کیندل، LFS و KLFS. موش‌های گروه کیندل، تحریکات روزانه کیندلینگ را به روش سریع با مدت پالس ۱ میلی ثانیه و فرکانس ۵۰ هرتز به مدت ۳ ثانیه در ناحیه هیپوکامپ پشتی دریافت می‌کردند، اما حیوانات گروه کنترل و شاهد هیچ گونه تحریکی دریافت نمی‌کردند. در گروه LFS، هر روز ۴ بسته تحریک الکتریکی با فرکانس ۱ هرتز بالاصله بعد از تحریکات کیندلینگ اعمال می‌شد. بعد از تمام تحریکات، فعالیت حرکتی و تعادل به وسیله آزمون‌های جعبه باز و روتارود ارزیابی شدند.

نتایج: فرکانس ایستادن روی دو پا و خودتباری در گروه کیندل نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$). تعادل در گروه کیندل کاهش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$) و اعمال LFS در طی کیندلینگ هیپوکامپ، در هیچ یک از پارامترهای ذکر شده تفاوت معنی‌داری را با گروه کنترل نشان نداد.

نتیجه‌گیری: در مجموع اعمال LFS در طی کیندلینگ هیپوکامپ میزان تعادل را کاهش داده و تعادل را بهبود می‌بخشد.
واژگان کلیدی: کیندلینگ، تحریک الکتریکی با فرکانس پائین، تعادل، فعالیت حرکتی، روتارود، جعبه باز، موش صحرایی
دو ماهنامه علمی-پژوهشی فیض، دوره بیست و دوم، شماره ۶، بهمن و اسفند ۹۷، صفحات ۵۴۶-۵۳۸.

مقدمه

بیماری صرع، مهم‌ترین اختلال نورولوژیک است که بیش از ۷۰ میلیون نفر از مردم جهان از آن رنج می‌برند [۱]. این بیماری مجموعه‌ای از اختلالات نورولوژیک مزمن با علائم ناهمگون است که مهم‌ترین ویژگی آن حملات تشنجی خودبه‌خودی عودکننده و مکرر است [۲]. صرع لوب گیجگاهی متداول‌ترین شکل بیماری در بالغین مصروف و صرع مقاوم به دارو است که مدت‌ها به عنوان بزرگ‌ترین چالش پزشکی مطرح می‌شد.

در این بیماری تشنج به قشر مجاور و نورون‌های هیپوکامپ گسترش می‌یابد و باعث تخریب نورون‌ها و تغییرات نورopoپاتو-لوژیکی نظر آتروفی شدن و اسکلروزیس می‌شود [۳]. صرع لوب گیجگاهی را می‌توان به وسیله عوامل فارماکولوژیکی یا تحریک الکتریکی به روش کیندلینگ در جوندگان ایجاد کرد [۴]. کیندلینگ یک روش آزمایشگاهی برای ایجاد صرع است و معمولاً به دو روش سریع و مزمن انجام می‌شود. در روش مزمن، وزن‌انه یکبار کانون تشنج تحریک می‌شود، درحالی‌که در روش سریع تعداد تحریک‌های الکتریکی روزانه بیش از یکبار است [۵]. هیپوکامپ بعنوان مهم‌ترین کانون ایجاد صرع‌های موضعی پیچیده در انسان شناخته شده است. این ناحیه مغز به دلیل وجود مدار داخلی یک-طرفه تحریکی و تعداد محدود نورون‌های مهاری مستعد تولید فعالیت تشنجی است [۶]. با توجه به نقش هیپوکامپ در شروع صرع لوب گیجگاهی، معمولاً از مدل کیندلینگ هیپوکامپ برای ایجاد و مطالعه صرع استفاده می‌شود [۷]. امواج صرعی تنها محدود به ناحیه صرعی نمی‌شود و نواحی دیگر از جمله نواحی مرتبط با کنترل حرکت را نیز درگیر می‌کند. بنابراین، یکی از عوارض صرع اختلال در کنترل تعادل و حرکت است؛ به طوری که در صرع ناشی از الکتروشوک در موش‌های صحرایی هایپرتوئنیسته

^۱ دانشجوی دکترا فیزیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

^۲ استاد، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۳ استادیار، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۴ استادیار، گروه آمار، دانشکده آمار، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

*^۵ نشان نویسنده مسئله: خوزستان، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده دامپزشکی، گروه علوم پایه، بخش فیزیولوژی

تلفن: ۰۶۱۳۳۳۶۰۸۰۷، دوچرخهسواری: ۰۹۱۶۶۰۰۳۶۵۵، پست الکترونیک: z.ghotbeddin@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۹/۵

استفاده از مدل‌های مختلف تشنج به طور گسترده اشاره شده است؛ ولی گزارشی در مورد تاثیر آن بر اختلالات حرکتی ناشی از تشنج ارائه نشده است. از طرفی، بیماران مصروع از مشکلات مختلف LFS حرکتی رنج می‌برند. لذا، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر در طی صرع‌زایی هپیوکامپ پشتی، بر تعادل و فعالیت حرکتی در موش صحرایی نر بالغ طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تجربی از ۵۰ سر موش صحرایی نر بالغ نژاد ویستار در محدوده وزنی ۲۲۵ ± ۲۵ گرم استفاده شد. تمام مراحل آزمایش بر اساس دستورالعمل کمیته اخلاق کار با حیوانات آزمایشگاهی دانشگاه شهید چمران اهواز با کد ج ۹ الف/ Q180/1390 طراحی و اجرا شد. حیوانات در شرایط استاندارد ۱۲ ساعت روشنایی ۱۲ ساعت تاریکی و دمای ۲۲ ± ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ثابت ۵۵ ± ۵ درصد نگهداری شدند. تمام حیوانات به طور آزاد به آب و غذا (کنسانتره پلت، شرکت خواراک دام پارس، تهران) دسترسی داشتند. یک هفته پس از سازش حیوانات با شرایط محیط، به طور تصادفی به ۵ گروه ۱۰ تایی تقسیم شدند. گروه‌های مورد مطالعه عبارت بودند از: ۱) گروه کنترل؛ ۲) شاهد جراحی؛ این گروه فقط جراحی شده و پس از طی دوره بیهوی‌دی برای انجام آزمایش‌های رفتاری آماده می‌شدند؛ ۳) گروه کیندل؛ این گروه روزانه ۱۲ تحریک (فرکانس ۵۰ هرتز، به مدت ۳ ثانیه و به فواصل ۵ دقیقه) برای کیندل شدن دریافت می‌کردند. این تحریکات تا رسیدن حیوان به مرحله ۵ تشنج ادامه می‌یافتد؛ ۴) گروه LFS؛ این گروه را روزانه در ۴ بسته با فرکانس ۱ هرتز با مدت زمان مشابه گروه کیندل دریافت می‌کردند؛ و ۵) گروه کیندل LFS+ (KLFS)؛ حیوانات این گروه همانند گروه کیندل تحریکات کیندلینگ دریافت می‌کردند و هر روز پس از پایان تحریکات کیندلینگ تحریکات LFS اعمال می‌شد. کلیه آزمایش‌ها در طول روشنایی بین ساعت ۸ صبح الی ۴ بعدازظهر به منظور جلوگیری از تأثیر ریتم شباه روزی حیوان بر آزمایش‌ها انجام گرفت. یک ساعت قبل از شروع آزمون حیوانات به آزمایشگاه منتقل می‌شدند تا به شرایط آزمایشگاه عادت کنند.

الف) پرتوکل جراحی، آستانه گیری و اعمال تحریکات جراحی حیوانات: برای این منظور پس از بیهوشی با کتابین (۱۰ mg/kg) و زیلازن (۱۰ mg/kg) حیوان در دستگاه استرئوتاکسی (Stoelting; USA) قرار می‌گرفت. پس از ایجاد برش و کنار زدن پوست سر، ناحیه برگما شناسایی شده و براساس

افزایش و تعادل کاهش می‌یابد [۸]. بررسی رفتارهای حرکتی خودبه‌خودی و القایی در موش‌هایی که از طریق تحریک الکتریکی در هپیوکامپ پشتی، آمیگداł و هسته آکومبنس کیندل شده بودند، نشان داد که کیندلینگ باعث کاهش فعالیت حرکتی خودبه‌خودی در هر سه ناحیه بهویژه هپیوکامپ پشتی و هسته آکومبنس می‌شود [۹]. امروزه برای درمان صرع از روش‌های داروئی (دارودرمانی) و درمان‌های غیرداروئی استفاده می‌شود [۱۰]. با وجود تلاش‌های فوق العاده و طاقت فرسا در جهت تولید و گسترش داروهای نسل جدید، بیش از ۳۰-۴۰ درصد بیماران مصروع به درمان داروئی پاسخ نمی‌دهند [۲]. همچنین، اکثر بیماران مبتلا به صرع موضعی به درمان داروئی مقاوم‌اند [۱۰]. بنابراین، نیاز روزافزون به روش‌های درمانی کارآمدتر و موثرتر احساس می‌شود. در مواردی استفاده از روش چند داروئی (درمان ترکیبی) که دارای حداقل برهم‌کنش فارماکوکنیتیک و فارماکودینامیک‌اند، به جای روش تکداروئی توصیه می‌شود [۱۱]. استفاده از داروهای ضد صرع عوارض مختلفی مانند خستگی و کوفتگی، تاری دید، اختلال در تمرز و هماهنگی حرکات را به دنبال دارد. مثلاً کاربامازپین باعث کندی حرکت، کاهش چالاکی و آسیب به حافظه می‌شود. روش جراحی و حذف کانون صرع به خاطر تهاجمی بودن و عوارض مختلف مانند اختلال حافظه به عنوان آخرین شیوه درمان می‌باشد [۱۱]. طی ده سال اخیر تحریک عمقی مغز (Deep brain stimulation; DBS) به عنوان درمان جایگزین برای کاهش حملات تشنجی مورد توجه محققین قرار گرفته است [۱۲]. تحریک عمقی مغز به Low frequency (دو فرم تحریک مغز با فرکانس پائین) و High frequency (stimulation; HFS) (frequency stimulation; HFS) انجام می‌شود. استفاده درمانی از تحریک الکتریکی مغز با فرکانس بالا که در ابتدا معمول بود اثرات درمانی مشابه جراحی داشت، ولی عوارض جانبی جراحی را نداشت. مطالعات بعدی ثابت کرد که HFS گاهی بی اثر است و حتی تشنج را نیز افزایش می‌کند. بررسی‌های بیشتر نشان داد که HFS باعث اختلال در پاسخ نورون‌ها به محرک‌های تحریکی، از بین رفتن نورون‌های مهاری و حتی آسیب باقی می‌شود. بنابراین، در استفاده از HFS ساختار مغزی و مشخصات محرک از قبیل فرکانس و شدت تحریک باید مورد توجه قرار گیرد [۱۳، ۱۴]. Albensi و همکارانش نشان دادند که LFS و HFS باعث از بین رفتن تخلیه‌های بین حمله‌ای در برش‌های زنده هپیوکامپ می‌شوند و با حذف HFS تخلیه‌های بین حمله‌ای برگشت‌پذیر شده، در حالی که با حذف LFS این تخلیه‌ها بر نمی‌گردند [۱۵]. امروزه به نقش موثر LFS در کاهش امواج تشنجی و تخلیه‌های متعاقب با

۲: حرکت سر به طرف بالا و پایین؛ مرحله ۳: کلونوس یکی از اندام‌های حرکتی جلویی؛ مرحله ۴: ایستادن روی هر دو پا توازن با کلونوس هر دو اندام حرکتی جلویی؛ و مرحله ۵: ایستادن روی هر دو پا همراه با از دست دادن تعادل و افتادن [۱۷].

تحریک برای اعمال LFS: تحریک الکتریکی به صورت ۴ بسته با فاصله ۵ دقیقه‌ای به حیوان اعمال می‌شود. هر بسته شامل ۲۰۰ موج مربعی دوفازی و هر پالس ۱/۰ میلی‌ثانیه با فرکانس ۱ هرتز بود [۱۸]. در تمامی گروه‌ها پس از اتمام تحریکات به منظور ارزیابی تعادل و فعالیت حرکتی از آزمون‌های میله چرخان و میدان باز استفاده شد.

ب) آزمون‌های رفتاری

۱) ارزیابی تعادل با استفاده از دستگاه روتارود: این دستگاه (شرکت برج صنعت آزمایش) برای ارزیابی تعادل و هماهنگی بین اندام‌های حرکتی در موش‌های صحرائی استفاده می‌شود. دستگاه میله چرخان شامل یک گردونه است که سرعت چرخش آن بین ۴۰-۰ RPM متغیر می‌باشد. گردونه حدود ۲۰ cm از زمین فاصله دارد و توسط صفحات کروی شکل به ۴ بخش مجزا تقسیم می‌شود. در این آزمایش سرعت چرخیدن ۷ RPM در نظر گرفته شد که تقریباً ۱۱-۱۰ دور در دقیقه است. موش‌های صحرائی پس از انتقال به آزمایشگاه مدت ۳۰ دقیقه به حال خود رها شدند تا به محیط عادت کنند. برای یادگیری مهارت حرکت روی میله چرخان هر موش دو مرتبه و هر بار به مدت ۳ دقیقه تحت آموزش قرار داده شد. سپس، مدت زمان حفظ تعادل و حرکت حیوان روی میله چرخان ۳ مرتبه (هریک ۵ دقیقه) با فاصله ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری شده و میانگین آن بر حسب ثانیه ثبت می‌شد. بعد از هر آزمایش دستگاه با الكل ۵۰ درصد کاملاً تمیز می‌گردید [۱۹].

۲) ارزیابی فعالیت حرکتی با استفاده از دستگاه جعبه باز: تجهیزات این آزمایش شامل یک صفحه چهارگوش ساخته شده از چوب سیاه است و کف آن با خطوطی به ۲۵ مربع تقسیم شده است (LOCOMOTION-LO5800). شرکت برج صنعت. در ابتدا هر موش در مرکز صفحه قرار داده می‌شد و فعالیت آن برای ۵ دقیقه ثبت می‌گردید و سپس پارامترهای رفتاری شامل خود تیماری (Grooming)، فرکانس بلند شدن روی دو پا (frequency) و تعداد عبور از خطوط متقاطع ثبت شده و مورد بررسی قرار می‌گرفت [۲۰].

مختصات ذکر شده در اطلس پاکسینوس-واتسون ناحیه مربوط به هیپوکامپ (۲/۵ mm به سمت عقب و ۱/۸ mm به سمت راست نسبت به برگما و ۲/۸ mm زیر جمجمه) مشخص می‌شود. بعد از علامت گذاری ناحیه مذکور، با استفاده از مته دندانپزشکی (مدل Fordom Electric FOREDOM ساخت شرکت FOREDOM) در محل مشخص شده منفذی ایجاد گردیده و الکترود سه قطبی از جنس فولاد ضد زنگ با پوشش تفلونی به قطر ۰/۰۰۸ mm (Ainjy) Stainless Steel Wire-Teflon Coated (A-M Systems) درون مغز قرار می‌گرفت. سپس الکترود تک قطبی با استفاده از پیچ لحیم شده به آنها روی جمجمه متصل می‌شود. دو پیچ کوچک (۳ میلی‌متری عینک) دیگر نیز برای استحکام روی نقاط دیگری از جمجمه وصل می‌شوند. سپس، الکترودها و پیچ‌های استحکام به وسیله سیمان دندانپزشکی (ترکیب پودر آکریل خودپخت و متاکریلات، شرکت آکرولپارس) روی سطح جمجمه ثابت می‌شوند. آنگاه، پین‌های مخابراتی متصل به الکترودهای سه قطبی و تک قطبی درون بخش مادگی سوکت مربوطه قرار می‌گرفتند و سوکت با استفاده از سیمان دندانپزشکی روی جمجمه نصب می‌شود [۱۶].

آستانه‌گیری: بعد از دوره بهبودی برای به دست آوردن حداقل شدت تحریک حیوان با جریانی با شدت ۳۰ میکروآمپر تحریک می‌شود. در صورت ثبت امواج تخلیه متعاقب (حداقل به مدت ۸ ثانیه) این شدت جریان به عنوان شدت جریان آستانه شناخته می‌شود. در غیر این صورت، هریار شدت جریان ۱۰ میکروآمپر به فواصل ۵ دقیقه افزایش داده می‌شود تا وقتی که امواج تخلیه متعاقب ثبت گردد [۱۷].

تحریک حیوانات:

تحریک برای ایجاد کیندلینگ: برای تحریک با روش کیندلینگ سریع، حیوانات با موج مربعی تک فازی با مدت پالس ۱ میلی-ثانیه، فرکانس ۵۰ هرتز، شدت آستانه تولید امواج تخلیه متعاقب و به مدت ۳ ثانیه تحریک می‌شوند. این تحریکات به فاصله هر ۱۰ دقیقه یکبار و ۱۲ بار در روز انجام می‌شوند تا حیوانات مراحل مختلف تشنج را نشان داده و کیندل شوند. پس از اعمال تحریکات کیندلینگ، امواج الکتریکی مغزی توسط الکترود ثبات به دستگاه الکتروماجول (مدل R12، شرکت پرتودانش) منتقل و توسط برنامه کامپیوتر eprobe (شرکت پرتودانش) اندازه‌گیری می‌شوند [۱۸]. بر اساس معیارهای Racine شدت تشنج در طی کیندلینگ به ۵ مرحله تقسیم می‌شود: مرحله ۱: انقباض عضلات صورت؛ مرحله

برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون Leven استفاده شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها و همگن بودن واریانس‌ها از پس‌آزمون Tukey و در صورت همگن نبودن از آزمون ناپارامتری Kruskal-Wallis استفاده شد. همچنین در تمامی موارد $P < 0.05$ به عنوان اختلاف معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج

به منظور بررسی اثر تحریک الکتریکی با فرکانس پائین در طی صرع‌زاوی هیپوکامپ پشتی بر تعادل و فعالیت حرکتی در موش صحرایی نر بالغ به ترتیب از آزمون‌های رفتاری میله‌چرخان (الف) و جعبه باز (ب) استفاده شد.

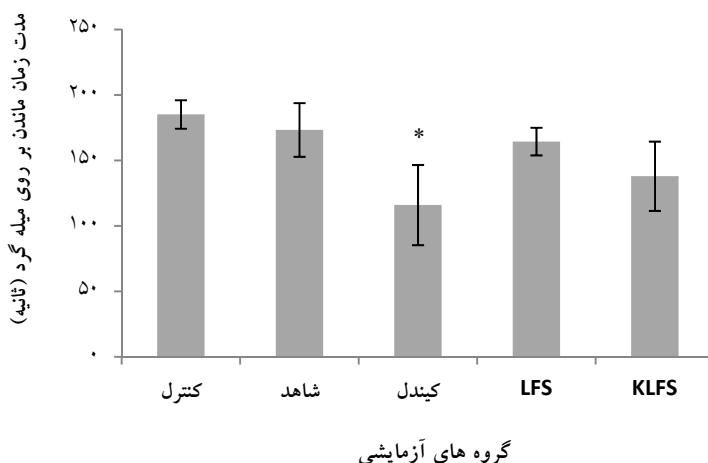
(الف) اثر تحریک الکتریکی با فرکانس پائین در طی صرع‌زاوی هیپوکامپ پشتی بر تعادل: میانگین مدت زمان حفظ تعادل روی میله گرد در حال چرخش پس از سه بار آزمایش با استفاده از آزمون میله‌چرخان در گروه‌های کنترل، شاهد، کیندل، LFS و KLFS به ترتیب 164.5 ± 4.9 ، 116 ± 4.3 ، 173 ± 2.9 ، 185 ± 1.8 ، 138 ± 3 ثانیه بود. با توجه به نتایج بدست آمده مدت زمان حفظ تعادل روی میله گرد در گروه کیندل نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$) و تعادل در این گروه کاهش یافت، درحالی‌که سایر گروه‌ها نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (نمودار شماره ۱).

ارزیابی بافت شناسی: پس از اجرای آزمون‌های رفتاری، جهت ارزیابی صحبت ورود الکترود سه قطبی به ناحیه CA1 هیپوکامپ موش صحرایی حیوان را بی‌هوش کرده و ناحیه مورد نظر با استفاده از یک باتری ۹ ولتی و یک کابل رابط و الکترودهای تحریکی کاشته شده تخریب شده تا محل انتهای الکترود در مغز مشخص شود. سپس مغز حیوان جدا شده و در فرمالدهید ۱۰ درصد نگهداری می‌شود. بعد از دو هفته مغزها برش داده شده و با مختصات CA1 در اطلس پاکسینوس مقایسه می‌شوند. در صورت مطابقت نداشتن محل الکترود با اطلس نتایج حاصل از موش مورد نظر حذف می‌گردید (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱ - مقطع عرضی از هیپوکامپ موش صحرایی پیکان محل ورود الکترود را در ناحیه CA1 نشان می‌دهد.

روش تحلیل داده‌ها: برای آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد. تفاوت آماری پارامترهای مختلف در بین گروه‌های مختلف با استفاده از آزمون One-way ANOVA انجام شد. نتایج به صورت میانگین \pm انحراف استاندارد میانگین بیان شده‌اند.

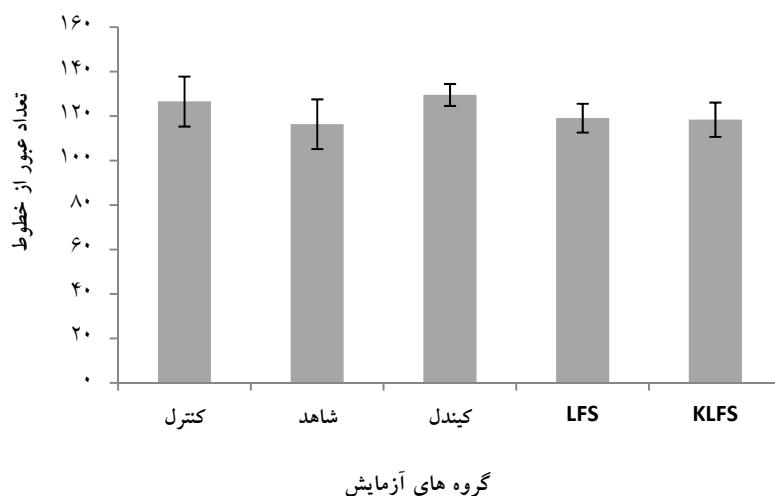


نمودار شماره ۱ - بررسی اثر LFS بر تعادل از طریق مقایسه میانگین مدت زمان حفظ تعادل روی میله گرد در حال چرخش با استفاده از آزمون روتارود در گروه‌های مورد مطالعه. نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه کیندل با گروه کنترل است ($P < 0.05$). (n=10).

*

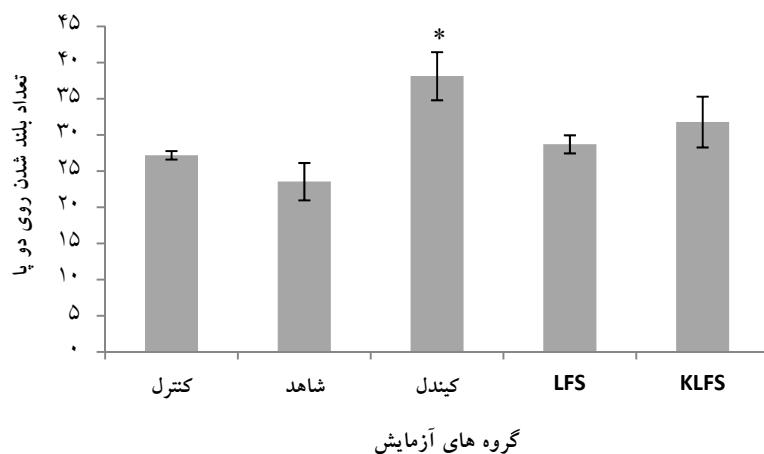
گروه‌های شاهد، کیندل، LFS و KLFS به ترتیب $23/5 \pm 2/75$ ، $38/1 \pm 3/21$ ، $28/7 \pm 1/35$ و $31/8 \pm 3/74$ بودند. مقایسه میانگین تعداد بلند شدن روحی دو پا بیان‌گر افزایش معنی‌دار گروه کیندل نسبت به گروه شاهد بود ($P < 0.05$) (نمودار شماره ۳). میانگین تعداد خودتیماری در گروه‌های کنترل، شاهد، کیندل، LFS و KLFS به ترتیب $5 \pm 0/98$ ، $6/6 \pm 0/7$ ، $5 \pm 1/84$ و $5 \pm 0/64$ بود. نتایج بیان‌گر افزایش معنی‌دار تعداد خودتیماری در گروه کیندل نسبت به گروه‌های شاهد و LFS خودتیماری در گروه کیندل نسبت به گروه‌های شاهد و KLFS ($P < 0.01$) و LFS ($P < 0.05$) بود (نمودار شماره ۴).

ب) اثر تحریک الکتریکی با فرکانس پائین در طی صرع زائی هیپوکامپ پشتی بر فعالیت حرکتی: در این بخش با استفاده از دستگاه میدان باز تعداد عبور از خطوط، تعداد بلند شدن روحی دو پا و خودتیماری در گروه‌های مختلف بررسی و مورد مقایسه قرار گرفت. میانگین تعداد عبور از خطوط متقطع در گروه‌های کنترل، شاهد، کیندل، LFS و KLFS به ترتیب $126/6 \pm 2/14$ ، $116/4 \pm 2/3$ ، $129/5 \pm 0/81$ ، $118/4 \pm 1/98$ و $119/1 \pm 1/6$ بود. در این پارامتر بین هیچ یک از گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد (نمودار شماره ۲). میانگین کل تعداد بلند شدن روحی دو پا در گروه کنترل $27/2 \pm 0/4$ و در

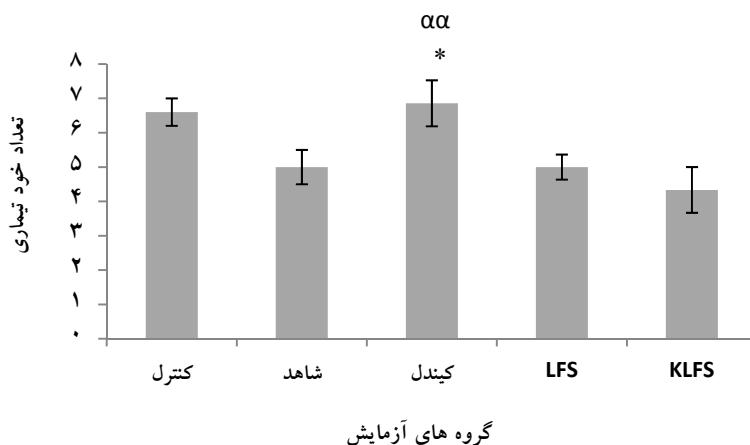


نمودار شماره ۲- بررسی اثر LFS بر میزان فعالیت حرکتی از طریق مقایسه میانگین تعداد عبور از خطوط متقطع با استفاده از آزمون جعبه باز در گروه‌های مورد مطالعه

تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. داده‌ها به صورت میانگین \pm خطای معیار نشان داده شده‌اند ($n=10$).



نمودار شماره ۳- بررسی اثر LFS بر میزان فعالیت حرکتی از طریق مقایسه میانگین تعداد بلند شدن روحی دو پا در گروه‌های مورد مطالعه * نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه کیندل با گروه کنترل است ($P < 0.05$). داده‌ها به صورت میانگین \pm خطای معیار نشان داده شده‌اند ($n=10$).



نمودار شماره ۴- بررسی اثر LFS بر میزان فعالیت حرکتی از طریق مقایسه میانگین تعداد خود تیماری در گروه های مورد مطالعه

* نشان دهنده تفاوت معنی دار بین گروه کیندل با گروه شاهد و LFS است ($P<0.05$). $\alpha\alpha$: بیان گر اختلاف معنی دار بین گروه کیندل و KLFS است ($P<0.01$). داده ها به صورت میانگین \pm خطای معیار نشان داده شده اند ($n=10$).

ترانسژنیک WAG/Rij که دچار صرع غیابی شده بودند، فرکانس ایستادن روی دو پا در آزمون جعبه باز کاهش معنی داری را نسبت به گروه کنترل نشان داد [۲۳]. مطالعات غفوری و همکاران نشان داد که تفاوت معنی داری در میزان مسافت پیموده شده، سرعت حرکت و مدت زمان توقف موش ها در مرکز میدان باز بین گروه های کیندل شده و گروه کنترل وجود ندارد [۲۴]. شاید این تفاوت از اثرات متناقض کیندلینگ بر اساس موقعیت الکترودهای تحریکی و برنامه زمانی آزمایش (دوره کیندلینگ و فاصله های بدون تشنج) باشد [۲۵، ۲۶]. Bruin و همکاران با بررسی و مقایسه میزان حرکت با استفاده از آزمون میدان باز در دو نزد زنیکی صرعی (APO-SUS و WAG/Rij) مشاهده کردند که میزان اضطراب در موش های صرعی افزایش یافته و فعالیت حرکت کاهش می یابد در موش های صرعی زیادی بین نوروترانسミتر های تحریکی و مهاری از بین می رود و تشابه زیادی بین LTP و کیندلینگ وجود دارد؛ از جمله اینکه فرکانس های تحریکی که باعث ایجاد LTP می شوند مشابه فرکانس هایی هستند که برای ایجاد کیندلینگ لازم است و هر دو پدیده منجر به افزایش پاسخ دهی نورون ها در درازمدت می شوند و LTP بعنوان یکی از مکانیسم های سلوی ایجاد کیندلینگ مطرح شده است [۲۷]. به نظر می رسد کیندلینگ با افزایش تحریک پذیری نورون های مسیر حرکتی باعث افزایش پاسخ دهی این نورون ها و افزایش فعالیت حرکتی و اختلال تعادل می شود. مشخص شده است که عقده های قاعده ای از جمله استریاتوم در گسترش امواج تشنج نقش مهمی دارند و نورون های تغییر شکل یافته در افرادی که لوب فرونتال آنها به همراه بخش قدامی استریاتوم برداشته شده بود، مشاهده می شود. در افراد

بحث

یافته های حاصل از آزمون میدان باز و میله چرخان بیان گر این مطلب است که فعالیت حرکتی در گروه کیندل افزایش یافته، ولی تعادل کاهش یافته است. آزمون میدان باز برای ارزیابی پاسخ های رفتاری مانند فعالیت حرکتی، بیش فعالی، فعالیت جستجو گرانه و اندازه گیری میزان اضطراب در جوندگان به کار می رود [۲۰]. یافته های آزمایشگاهی درباره فعالیت حرکتی، اضطراب، حساسیت و رفتارهای جستجو گرانه موش های صرعی متناقض است. برخی مطالعات نشان می دهند که کیندلینگ آمیگدال باعث افزایش فعالیت حرکتی، افزایش فعالیت جستجو گرانه و کاهش تعادل در موش های صحرایی می شود که در راستای نتایج این تحقیق است. از طرف دیگر، کیندلینگ آمیگدال باعث کاهش تعادل در آزمون میله چرخان می شود و تزریق دوز مناسب میونو سیکلین، ماده شیمیایی محافظت کننده سیستم عصبی، باعث کاهش شدت تشنج و افزایش مدت زمان تعادل می شود [۱۱]. بررسی های دیگر نیز نشان می دهد که کیندلینگ هیپو کامپ پشتی موش صحرایی باعث افزایش رفتار جستجو گرانه و فرکانس ایستادن روی دو پا در موش های کیندل نسبت به گروه کنترل می شود [۲۱] در مطالعه انجام شده توسط Lado و همکاران اثرات ضد تشنجی گابا پتین بر پاسخ های حرکتی در موش های کیندل شده بررسی شد و نتایج آنها نشان داد که کیندلینگ آمیگدال باعث کاهش تعادل در موش های نابالغ می شود، در حالی که گابا پتین به روش وابسته به دوز باعث افزایش تعادل در موش های کیندل شده می شود [۲۲]. در برخی مطالعات دیگر کاهش فعالیت حرکتی در موش های کیندل شده مشاهده شده است. در بررسی پاسخ های رفتاری موش های

کاهش رفتار تشنجی باعث کاهش قابل توجه در احتمال بروز تخلیه‌های متعاقب به دنبال تحریک کیندلینگ می‌شود [۳۲]. امروزه سازوکار دقیق عمل LFS مشخص نشده است، اما چهار سازوکار اصلی برای عملکرد آن پیشنهاد شده است: کاهش تحریک پذیری نورون‌ها، افزایش آستانه تشنج، افزایش در انتقال سیناپس‌های مهاری و کاهش در انتقال سیناپس‌های تحریکی. بنظر می‌رسد که مکانیسم ضد تشنجی LFS مشابه با مکانیسم‌های دخیل در LTD (Long term depression) و با تضعیف طولانی مدت می‌باشد [۱۴] و احتمالاً با همین مکانیسم‌ها باعث بهبود حرکت و تعادل در طی روند کیندلینگ می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کیندلینگ هیپوکامپ پشتی باعث افزایش فعالیت حرکتی در آزمون میدان باز و کاهش تعادل در آزمون میله چرخان شده و اعمال تحریک الکتریکی با فرکانس پائین در طی صرع زایی هیپوکامپ پشتی باعث کاهش فعالیت حرکتی و بهبود تعادل می‌شود.

تشکر و قدردانی

نویسنده‌گان مقاله برخود لازم می‌دانند از مسئولین و کارکنان گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران اهواز کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورند.

References:

- [1] Minjarez B, Camarena HO, Haramati J, Rodríguez-Yáñez Y, Mena-Munguía S, Buriticá J, et al. Behavioral changes in models of chemoconvulsant-induced epilepsy: A review. *Neurosci Biobehav Rev* 2017; 83: 373-80.
- [2] Ullah G, Schiff SJ. Models of epilepsy. *Scholarpedia* 2009; 4(7): 1409.
- [3] Ludmyla K, Priscila AB, Cleiton L, Rafael NR, Eduardo HU, Norberto GC, et al. Animal models of epilepsy: use and limitations. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2014; 10: 1693.
- [4] Rubio C, Rubio-Osornio M, Retana-Márquez S, Verónica Custodio ML, Paz C. In vivo experimental models of epilepsy. *Cent Nerv Syst Agents Med Chem* 2010; 10(4): 298-309.
- [5] Sarkisian MR. Overview of the current animal models for human seizure and epileptic disorders. *Epilepsy Behav* 2001; 2(3): 201-16.
- [6] Wasterlain CG, Farber DB, Fairchild D. Cholinergic kindling: What has it taught us about epilepsy? *J Neural Transm* 1985; 63(2): 119-32.
- [7] Bausch SB. Axonal sprouting of GABAergic interneurons in temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Behav* 2005; 7(3): 390-400.
- [8] Zhong XL, Yu JT, Zhang Q, Wang N, Tan L. Deep brain stimulation for epilepsy in clinical practice and in animal models. *Brain Res Bull* 2011; 85(3-4): 81-8.
- [9] Tedeschi DH, Benigni JP, Elder CJ, Yeager JC, Flanigan JV. Effects of various phenothiazines on minimal electroshock seizure threshold and spontaneous motor activity of mice. *J Pharmacol Exp Ther* 1958; 123(1): 35-8.
- [10] Ehlers CL, Koob GF. Locomotor behavior following kindling in three different brain sites. *Brain Res* 1985; 326(1): 71-9.
- [11] Srivastava AK, Alex AB, Wilcox KS, White HS. Rapid loss of efficacy to the antiseizure drugs lamotrigine and carbamazepine: a novel experimental model of pharmacoresistant epilepsy. *Epilepsia* 2013; 54(7): 1186-94.
- [12] Albertson TR, Joy RM, Stark LG. A pharmacological study in the kindling model of epilepsy. *Neuropharmacology* 1984; 23(10): 1117-23.

مصطفوی که نیاز به جراحی دارند برداشت بخش عمدہ‌ای از تalamوس، عقده‌های قاعده‌ای و استریاتوم توصیه می‌شود [۲۸]. یک ارتباط مثبت بین نسبت حجم استریاتوم و اختلال حرکت وجود دارد. همچنین، تکامل ساختارها و مسیرهای حرکتی نیز به موازات فعالیت شبکه نورونی استریاتوم صورت می‌گیرد. بنابراین، هرگونه تغییر در حجم این ساختار مهم مغزی می‌تواند باعث اختلال حرکت شود [۲۹]. لذا، احتمال می‌رود که کیندلینگ هیپوکامپ با تغییر ساختار استریاتوم باعث اختلال حرکت و کاهش تعادل می‌شود. در مورد تأثیر تحریک الکتریکی با فرکانس پائین بر تعادل و فعالیت حرکتی تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده و یافته‌های ما نشان داد که اعمال LFS در طی روند کیندلینگ هیپوکامپ باعث کاهش فعالیت حرکتی در موش‌های کیندل شده و افزایش تعادل شد. طی ۱۰ سال اخیر روش‌های مختلف تحریک عمقی مغز مانند استفاده از امواج الکتریکی با فرکانس پائین به عنوان درمان جایگزین برای کاهش فعالیت مغز و حملات تشنجی مورد توجه محققین قرار گرفته است [۳۰]. در مورد اثر ضد تشنجی LFS تاکنون مطالعات زیادی انجام شده است، به طوری که Velíšek و همکاران نشان دادند که اعمال LFS در طی روند کیندلینگ موش‌های نابالغ باعث کوتاه شدن تخلیه‌های متعاقب و کاهش رفتار تشنجی می‌شود [۳۱]. یک مطالعه دیگر نشان می‌دهد که اعمال LFS برای مدت ۳۰ ثانیه در طی روند کیندلینگ به آمیگدال موش‌های بالغ علاوه بر کوتاه شدن تخلیه‌های متعاقب و

- [13] Albensi BC, Oliver DR, Toupin J, Odero G. Electrical stimulation protocols for hippocampal synaptic plasticity and neuronal hyper-excitability: are they effective or relevant? *Exp Neurol* 2007; 204(1): 1-13.
- [14] Lopez-Meraz M, Neri-Bazan L, Rocha L. Low frequency stimulation modifies receptor binding in rat brain. *Epilepsy Res* 2004; 59(2-3): 95-105.
- [15] Albensi BC, Gabrielle A, Erin W, Joseph D, Janigro D. Activation of long-term synaptic plasticity causes suppression of epileptiform activity in rat hippocampal slices. *Brain Res* 2004; 998(1): 56-64.
- [16] McNamara JO, Byrne MC, Dasheiff RM, Fitz J. Pursuit of the mechanisms of kindling. *Trends Neurosci* 1988; 11(1): 33-36.
- [17] Racine R, Rose PA, Burnham WM. After-discharge thresholds and kindling rates in dorsal and ventral hippocampus and dentate gyrus. *Can J Neurol Sci* 1977; 4(4): 273-8.
- [18] Ghotbeddin Z, Janahmadi M, Mirnajafi-Zadeh J, Behzadi G, Semnanian S. Electrical low frequency stimulation of the kindling site preserves the electrophysiological properties of the rat hippocampal CA1 pyramidal neurons from the destructive effects of amygdala kindling: the basis for a possible promising epilepsy therapy. *Brain Stimul* 2013; 6(4): 515-23.
- [19] Sohrabi asadabad J, Ghotbeddin Z, Tabandeh MR. study the effect of crocin on avoidance memory and motor activity impairment induced by doxorubicin administration in adult male rats. *J Arak Uni Med Sci* 2017; 20(9): 45-56.
- [20] Walsh RN, Cummins RA. The open-field test: a critical review. *Res bull* 1976; 83(3): 482.
- [21] Hannesson DK, Howland J, Michael M, Paul W, Amy E, Corcoran ME. Dorsal hippocampal kindling produces a selective and enduring disruption of hippocampally mediated behavior. *J Neurosci* 2001; 21(12): 4443-50.
- [22] Lado FA, Sperber EF, Moshe SL. Anticonvulsant efficacy of gabapentin on kindling in the immature brain. *Epilepsia* 2001; 42(4): 458-63.
- [23] Subedee L, Suresha RN, Sibgatullah MD, Siddamma A, Brahmadeesh M. Role of multiple ion channel blocker-amiodarone in model of convulsion, locomotor activity and cognition in albino rats. *Intl J Pharm Pharm Sci* 2014; 6: 690-2.
- [24] Ghafouri S, Fathollahi Y, Semnanian S, Shojaei A, Mirnajafi-Zadeh J. Effects of Low Frequency Stimulation on Spontaneous Inhibitory and Excitatory Post-Synaptic Currents in Hippocampal CA1 Pyramidal Cells of Kindled Rats. *Cell J (Yakhteh)* 2017; 18(4): 547.
- [25] Midzyanovskaya IS, Shatskova AB, Sarkisova K, Luijtelaar G, Tuomisto L, Kuznetsova GD. Convulsive and nonconvulsive epilepsy in rats: effects on behavioral response to novelty stress. *Epilepsy Behav* 2005; 6(4): 543-51.
- [26] De Bruin N, Van Luijtelaar E, Cools AR, Ellenbroek BA. Dopamine characteristics in rat genotypes with distinct susceptibility to epileptic activity: apomorphine-induced stereotyped gnawing and novelty/amphetamine-induced locomotor stimulation. *Behav Pharmacol* 2001; 12(6-7): 517-25.
- [27] Vreugdenhil M, Wadman WJ. Enhancement of calcium currents in rat hippocampal CA1 neurons induced by kindling epileptogenesis. *Neurosci* 1992; 49(2): 373-81.
- [28] Kaido T, Otsuki T, Kaneko Y, Takahashi A, Kakita A, Takahashi H, et al. Anterior striatum with dysmorphic neurons associated with the epileptogenesis of focal cortical dysplasia. *Seizure Europ J Epilepsy* 2010; 19(4): 256-9.
- [29] Dehorter N, Michel FJ, Marissal T, Rotrou Y, Matrot B, Lopez C, et al. Constance Onset of pup locomotion coincides with loss of NR2C/D-mediated cortico-striatal EPSCs and dampening of striatal network immature activity. *Front Cell neurosci* 2011; 5: 24.
- [30] Bikson M, Lian J, Hahn PJ, Stacey WC, Sciotrino C, Durand D. Suppression of epileptiform activity by high frequency sinusoidal fields in rat hippocampal slices. *J Physiol* 2001; 531(1): 181-91.
- [31] Velišek L, Velišková J, Stanton PK. Low-frequency stimulation of the kindling focus delays basolateral amygdala kindling in immature rats. *Neurosci Lett* 2002; 326(1): 61-3.
- [32] Wu DC, Xu ZH, Wang SH, Fang QI, Hu D, Li Q, et al. Time-dependent effect of low-frequency stimulation on amygdaloid-kindling seizures in rats. *Neurobiol Dis* 2008; 31(1): 74-9.